

УДК 330.43:504

**Ковальчук В. М.,***викладач кафедри математичного моделювання та інформаційних технологій в економіці Національного університету "Острозька академія"*

## ОСНОВНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ В ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМАХ

*У статті розглянуто теоретичні аспекти невизначеності економічних систем, виділено основні підходи до оцінки різних типів невизначеності в процесі прийняття управлінських рішень.*

**Ключові слова:** невизначеність, фактори невизначеності, економічна система, прийняття рішення, стохастична невизначеність, статистична невизначеність, теорія нечітких множин.

*В статье рассмотрены теоретические аспекты неопределенности экономических систем, обозначаются основные подходы к оценке различных видов неопределенности в процессе принятия оптимальных управленческих решений.*

**Ключевые слова:** неопределенность, факторы неопределенности, экономическая система, принятие решения, стохастическая неопределенность, статистическая неопределенность, теория нечетких множеств.

*The article is considered theoretical aspects of uncertain of economic system. Some approaches to valuation of uncertain in process decision have been considered.*

**Key words:** uncertain, factors of uncertain, economic system, process decision, statistical uncertainty, stochastic uncertainty, the theory of fuzzy sets.

Постановка проблеми. Однією з головних проблем, що виникають при дослідженні та моделюванні складних економічних систем, є пошук та вибір оптимальних управлінських рішень. Обмеженість інформації про такий складний об'єкт дослідження, як економіка, недетермінованість процесів, які відбуваються у суспільстві загалом і в економічній діяльності зокрема, неможливість їх повної формалізації, багатоваріантність поведінки суб'єктів господарювання, багатокритеріальність, конфліктність призводять до невизначеності розвитку економічних явищ. В сучасних умовах невизначеність стає фундаментальною характеристикою недостатньої забезпеченості процесу прийняття рішення знаннями щодо проблемної ситуації [3, с. 16].

Класичні підходи до процедури прийняття рішення в економіці базуються передусім на використанні евристичних методів, а останні, у свою

чергу, ґрунтуються на застосуванні правил, прийомів, спрощень, що узгаляють відповідний досвід особи, що приймає рішення (ОПР).

При цьому використовуються наступні підходи:

- в процесі прийняття рішення невизначена ситуація зводиться до визначеної, після чого розв'язується традиційними методами математичного моделювання (математичне програмування, методи прогнозування, математична статистика, теорія ігор тощо), що дають можливість обрати кінцеве, найбільш оптимальне рішення;

- особі, що приймає рішення пропонується множина непокрашуваних результатів, отриманих за деяким компромісним критерієм, серед яких на основі досвіду, знань, інтуїції обирається найбільш оптимальний.

- свідоме ігнорування невизначеності, розгляд ситуації як визначеної, хоча вона такою не є;

- вибір одного, найбільш суттєвого, з точки зору особи що приймає рішення, виду невизначеності з використання відповідного інструментарію прийняття рішення.

Усі вище згадані методи подолання невизначеності в процесі прийняття рішень в тій чи іншій мірі спотворюють властивості реальної системи, закономірності процесів, що в ній відбуваються, не повністю враховують або навіть ігнорують вплив різноманітних об'єктивних чинників, а отже можуть призводити до прийняття неоптимальних, недостатньо ефективних або й зовсім хибних рішень.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблемам невизначеності та зумовленого нею ризику, їх впливу на діяльність суб'єктів господарювання, питанням функціонування економічних систем за умов невизначеності, методам математичного моделювання невизначеності присвячені праці багатьох вітчизняних та іноземних вчених, зокрема: Ансоффа І. Г., Бланка І. О., Бреда М. Ф., Вітлінського В. В., Галагана А. М., Геєця В. М., Задоя А. О., Ілляшенка С. М., Ільєнкової Н. Д., Кузьміна О. Є., Мельника Л. Г., Момота В. Є., Лабскера Л. Г., Найта Ф., Старостиної А. О., Тихомирова М. П., Томпсона А. А., Трухаєва Р. І., Шендела Д., Янкового А. Г., Яновської О. В. та ін.

Значний внесок у розробку методів підтримки прийняття оптимальних управлінських рішень в умовах невизначеності зробили вітчизняні й зарубіжні дослідники: Андрієнко В. М., Берсуцький Я. Г., Глушков В. М., Гузь М. Г., Забродський В. А., Лисенко Ю. Г., Порохня В. М., Ситник В. Ф., Кастелані К., Мінський М., Ньюелл А., Саймон Г., Хаббард Дж.

Проте, незважаючи на те, що невизначеність є однією з універсальних властивостей сучасних економічних процесів, ця складна особливість розвитку економічних систем розглядається надто спрощено, як деякий агрегований негативний фактор зовнішнього середовища, якому необхідно протидіяти на рівні стратегії суб'єкта господарювання.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є аналіз основних підходів до формалізації невизначеності в процесі прийняття оптимальних управлінських рішень.

Виклад основного матеріалу. Поняття невизначеності характеризує ситуацію, в якій неможливо отримати абсолютне знання про внутрішні та зовнішні умови функціонування соціально-економічних систем, неоднозначність їх параметрів.

Г.Цельмер підкреслює, що невизначеність, яка є об'єктивною формою існування оточуючого нас світу, зумовлена, з одного боку, існуванням випадковості, а з іншого – неповнотою відображення реальних явищ у людській свідомості [10].

Господарюючи суб'єкти впродовж свого функціонування постійно зіштовхуються з різними видами і типами невизначеності [6].

Пояснюється це тим, що:

- по-перше, в реальних умовах більшість економічних задач (задачі прогнозування, планування, управління економічними об'єктами) є слабкоструктурованими. Їм властиві недостатність наявної інформації, її суперечливість і нечіткість, перевага якісних оцінок над кількісними, неможливість повної формалізації алгоритмів розв'язку. Для таких задач відомі лише основні ознаки і характеристики, їх рішення містять неформалізовані процедури, що базуються на інформації з високим рівнем невизначеності, їм характерна відсутність математичних методів рішення на основі безпосередніх перетворень даних і наявність сукупності різномірних факторів, які необхідно враховувати під час прийняття рішень;

- по-друге, управління в економічних системах завжди відбувається при недостатніх знаннях щодо стану зовнішнього середовища та особливостях його впливу. Інформація про фактори зовнішнього середовища ніколи не буває абсолютно достатньою, оскільки надходить з минулого в теперішнє, і на її основі формується поведінка економічної системи, орієнтована в майбутнє;

- по-третє, завжди існує вплив суб'єктивних чинників (рівень кваліфікації, приховування частини інформації, дезінформація тощо) на результати аналізу поведінки суб'єкта ринкової діяльності чи суб'єктивний, неякісний її аналіз.

Чим вищим є ступінь невизначеності, тим складнішим має бути застосований для прийняття управлінських рішень інструментарій.

Ряд вчених, зокрема [1] виділяють три основних фактори, що породжують невизначеність соціально-економічних системах:

1. Чинник складності, зумовлений тим, що з точки зору теорії систем [11] соціально-економічні системи є великими складними імовірнісними динамічними системами, які неможливо в повній мірі описати формально, які мають складну ієрархічну структуру, непостійні взаємозв'язки, управління якими відбувається з використанням нечітких критеріїв;

2. Людський чинник, зумовлений тим, що основним елементом будь-якої соціально-економічної системи є людина. Вона суттєво впливає на різноманітні аспекти функціонування системи, визначає її поведінку. Важливий прояв людського фактора полягає також у тому, що більшість понять, характеристик, параметрів економічної поведінки формуються на природній мові і не мають точного математичного еквівалента, що призводить до значних складнощів при моделюванні; основна роль під час прийняття рішень та організації їх виконання належить людині, яка може припускатися помилок, формуючи цілі та плануючи обсяги витрат ресурсів на їх досягнення [11];

3. Чинник зовнішнього середовища, що проявляється в необхідності враховувати вплив зовнішніх по відношенню до даної системи впливів.

Враховуючи ці фактори, усі джерела невизначеності також можна поділити на три групи:

1. Відсутність достатньої інформації про економічні системи та процеси, що в них відбуваються та недосконалість інструментарію, що використовується при дослідженні таких систем. Це призводить до неможливості зробити повноцінні висновки про хід розвитку економічної системи та кінцеві результати;

2. Випадкова або зумисна протидія зі сторони інших економічних суб'єктів (партнери, конкуренти, органи державної влади);

3. Дія випадкових факторів, які неможливо передбачити внаслідок об'єктивної неможливості повного пізнання оточуючого середовища на основі існуючих в сучасних умовах методів.

Таким чином, дослідження економічних систем значно ускладнюється невизначеністю вхідної інформації, що пов'язана з відсутністю достатнього обсягу знань про досліджуваний об'єкт, невизначеністю, що виникає при спробі описати поточний, перспективний стани та умови функціонування системи, невизначеністю критеріїв, за якими здійснюється процес прийняття рішень, невизначеністю, що відображає стан дослідника, за якого будь-яке його знання є відносним та неточним.

В даний час розрізняють наступні види невизначеності [8]:

- невизначеність цілей;
- невизначеність природи;
- невизначеність дій супротивника або партнера.

Невизначеність цілей в економічних системах пов'язана з складністю або неможливістю їх чіткого опису, багатозначністю цілей, існуванням декількох цілей. Сюди слід віднести і економічно оптимальну неповноту інформації, оскільки часто краще працювати з неповною інформацією, аніж збирати її вкрай високовартісний варіант. Невизначеність може бути обумовлена і обмеженістю потужностей для її обробки. Це також неточності, що виникають із наближених методів оцінювання даних, наприклад вибіркові спостереження чи експертні дані [8].

Невизначеність природи відображає ступінь пізнання досліджуваного об'єкта та його оточення, а також неможливість отримання точного знання в прогнозованому періоді. Оцінка поточного стану економічної системи пов'язана з неточністю вимірювань показників, стохастичним характером інформації, помилками, що виникають при агрегуванні, нормуванні показників. В задачах планування, розвитку частина інформації, що використовується при описі системи, носить прогнозний характер, а отже є об'єктивно невизначеною.

Невизначеність дій партнера пов'язана з невизначеністю зовнішнього по відношенню до об'єкта дослідження середовища. Сюди також відносять невизначеність, пов'язану з діями реального суб'єкта та "організовану" невизначеність, спричинену тим, що деякі економічні агенти вважають за доцільне приховати частину інформації згідно економічних, політичних чи ще й інших мотивів.

В праці [7] приводиться наступна класифікація невизначеності:

- за ступенем: повна визначеність, імовірнісна, лінгвістична, інтервальна, повна невизначеність;
- за характером: параметрична, ситуаційна, структурна;
- за можливостями використання отриманої інформації: невизначеність, яку можна усунути та невизначеність, яку повністю усунути неможливо.

Для формалізації факторів невизначеності можуть застосовуватись декілька моделей, основними з яких є стохастичні та статистичні моделі, що базуються на математичному апараті теорії ймовірності та математичної статистики.

Стохастичний опис невизначеності використовується у випадку, коли фактори невизначеності мають ймовірнісний, випадковий характер. Такі фактори можуть бути описані, якщо відома щільність ймовірностей. Найбільш дослідженим у літературі є випадок нормального розподілу, який повністю визначається вектором математичного сподівання та коваріаційною матрицею [5]. Враховуючи, що щільність ймовірностей випадкового процесу є його вичерпною характеристикою, деякі дослідники вважають ситуацію, коли вона відома як детерміновану [9].

Статистичний опис застосовують у випадку, коли модель об'єкта дослідження визначається за результатами аналізу вибірових спостережень або експериментів. Принциповою відмінністю статистичної моделі невизначеності від стохастичної є неможливість отримання в умовах обмеженого експерименту істинних оцінок математичного сподівання та дисперсії та їх заміна вибіровими оцінками параметрів щільності ймовірностей або її моментів. Достовірність таких оцінок в значній мірі залежить від об'єму вибірки, дисперсії похибки, методики оцінювання, обраного закону розподілу [5]. На основі такого підходу розроблені методи стохастичного програмування, що базуються на аксіоматиці класичної теорії ймовірності. В залежності від способу формалізації невизначеності в стохас-

тичному програмуванні виділяють моделі, в яких максимізується імовірність потрапляння розв'язку в задану область (Р – моделі), моделі, що забезпечують екстремум математичного сподівання (М – моделі) та моделі, що мінімізують дисперсію (V – моделі). Застосування методів стохастичного програмування в задачах прийняття рішень за умов невизначеності обмежується тим, що в деяких складних економічних системах отримання повної достовірної статистичної інформації є принципово неможливим. В економіці можливості локальних економічних експериментів гранично обмежені, оскільки всі її складові тісно взаємопов'язані, а отже, “чистий” експеримент є практично неможливим [4]. Значна кількість економічних явищ є унікальними, неповторюваними, вони не володіють частотою і відповідно, для них неможливо визначити ймовірнісні характеристики. Тому статистичні моделі можуть бути використані для кількісної оцінки тих альтернатив, для яких існує достатній обсяг статистичної інформації.

Вказані причини призводять до існування статистичної невизначеності в задачах прийняття рішень. Однак, коли невизначеність відносно майбутнього стану об'єкта дослідження втрачає риси статистичної, застосування класичної ймовірності як характеристики масових процесів стає неможливим. Брак інформації зумовлює використання суб'єктивних ймовірностей, що ґрунтуються на оцінках експертів. Під суб'єктивною ймовірністю розуміють ступінь впевненості про дану подію, яка виникає у людини на підставі відомих їй даних. Ця міра впевненості інтерпретується як деяка “міра довіри” до певного фактора невизначеності. Неясність міркувань, що будуються на суб'єктивному аналізі, створює багато проблем, пов'язаних з достовірністю ймовірнісних оцінок. Експерт, визначаючи суб'єктивні ймовірності, виходить з міркувань власних переваг, економічних чи технічних, що можуть бути деформовані своїми суб'єктивними судженнями чи вподобаннями [8].

Окрім цього, розглянуті вище підходи до опису невизначених факторів мають ще ряд суттєвих недоліків, пов'язаних з:

- необхідністю врахування факторів, що мають нестатистичну природу (ігрова, інтервальна, лінгвістична невизначеність);
- складність отримання надійних ймовірнісно-статистичних даних для реальних економічних систем;
- нестійкість одержаних законів розподілу;
- необхідність врахування суперечливої інформації, або інформації різної природи.

На сьогодні існує ціла низка сучасних математичних теорій, що враховують вказані недоліки і призначені для формалізації невизначеності [2], а саме:

- 1) багатозначна логіка;
- 2) інтервальні методи;
- 3) теорія інтервальних середніх;
- 4) теорія суб'єктивних ймовірностей;

- 5) теорія нечітких множин;
- 6) теорія нечітких мір та інтегралів;
- 7) теорія недовизначених множин;
- 8) теорія наближених (грубих) множин.

При цьому, найбільшого поширення набули інтервальні та нечіткі моделі.

Інтервальний підхід є досить поширеним та зручним методом опису невизначеності. При розв'язанні багатьох практичних задач, зокрема економічних, часто буває недостатньо інформації для того, щоб розглядати фактори невизначеності як випадкові. Неможливість багаторазового проведення експериментів при незмінних вхідних параметрах призводить до необхідності дослідження невизначеності нестатистичної або взагалі невідомої природи. В такому випадку найбільш зручною формою представлення невизначеності є саме інтервальна модель, за якої відомим є лише діапазон можливих значень невизначеного фактора або змінної. При використанні інтервального підходу невизначений фактор може приймати будь-яке значення з деякого інтервалу, утвореного мінімально та максимально можливими значеннями невизначеного параметра і йому не можна надати жодної ймовірнісної міри.

Концепція інтервального підходу до формалізації невизначеності дає можливість підвищити обґрунтованість застосування апарата теорії імовірності шляхом переходу від імовірнісних до інтервально-імовірнісних величин. При цьому задається не один визначений закон розподілу ймовірностей, який в більшості практичних задач неможливо визначити внаслідок обмеженості статистичних даних, а множина близьких ймовірнісних розподілів.

Однією з найефективніших математичних теорій, спрямованих на формалізацію і обробку невизначеної інформації і багато в чому такою, що поєднує вдалі підходи і методи, є теорія нечітких множин. Ця математична теорія дозволяє з єдиних позицій розглянути різні види невизначеностей, врахувати найкращі досягнення і позитивні властивості інших теорій та одержати новий, якісно вищий результат [2].

Теорія нечітких множин використовується для кількісного опису слабоформалізованих задач у випадку, коли інформація про параметри досліджуваного явища задається експертом на природній мові (зокрема виражена вербально) з використанням "нечітких" з точки зору класичної математики термінів. Аксиоматику теорії нечітких множин розробив Л. Заде для кількісного опису процесів в умовах невизначеності.

Нехай  $X = \{x\}$  – звичайна множина. Нечіткою множиною  $A = \{x, \mu(x)\}$  є множина, що складається з сукупності усіх впорядкованих пар, в яких  $x \in X$  є елемент чіткої множини  $X$ , а  $\mu: X \rightarrow M$  є оцінка належності  $x$  множині  $A$ ,  $M$  – простір належності.

Якщо  $M = \{0; 1\}$ , то  $X$  – звичайна чітка множина, з якої необхідно виключити ті елементи  $x \in X$ , для яких  $\mu(x) = 0$ . Якщо  $M = [0; 1]$  – інтервал, то  $M$  – частково впорядкована множина. В найбільш загальному випадку функція належності  $\mu(x)$  трактується як деяка суб'єктивна імовірність, хоча аксіома-



тики теорії ймовірностей та теорії нечітких множин суттєво відрізняються. Особливістю застосування теорії нечітких множин в задачах прийняття рішення є те, що розв'язком такої задачі також буде нечітка множина.

Невисока трудоемкість визначення функції належності, простота обчислювальних операцій, можливість врахування інформації, невираженої кількісно, робить апарат теорії нечітких множин одним з основних інструментів для побудови алгоритмів прийняття рішень за умов невизначеності.

Висновки. Підсумовуючи вище викладене, слід відмітити:

- сучасні економічні системи складаються з великої кількості взаємопов'язаних елементів, характеризуються високою динамічністю, наявністю нефункціональних зв'язків між елементами, впливом суб'єктивних факторів, пов'язаних з участю людини в процесах управління. Усе це призводить до того, що економічні системи функціонують в умовах невизначеності;

- основними джерелами невизначеності є відсутність повної інформації про економічні процеси, дія випадкових факторів, протидія зі сторони інших економічних суб'єктів;

- для оцінки невизначеності та її формалізації використовують детерміновані, ймовірісно-статистичні підходи, та підходи, що базуються на інтервальній математиці та теорії нечітких множин;

- найбільш перспективним для формалізації невизначеності є застосування теорії нечітких множин. Її основними перевагами є можливість розв'язання слабкоструктурованих економічних задач, задач, що містять якісні оцінки та експертні дані.

## Література:

1. Березин С. А., Лавровский Б. Л., Рыбакова Т. А., Сатанова Э. А. Фактор неопределенности в межотраслевых моделях. – Новосибирск: Наука, 1983. – 19 с.
2. Бочарников В. П. Fuzzy-технология: Математические основы. Практика моделирования в экономике. – СПб: “Наука”, РАН, 2001. – 328 с.
3. Вітлінський В. В. та ін. Економічний ризик: ігрові моделі: Навч. посібник. – К.: КНЕУ, 2002. – 446 с.
4. Вітлінський В. В. Моделювання економіки: Навч. посібник. – К.: КНЕУ, 2003.
5. Вошинин А. П., Сотиров Г. Р. Оптимизация в условиях неопределенности. – Вид-во МЕИ, 1989. – 224 с.
6. Ковальчук К. Ф. Интеллектуальная поддержка принятия экономических решений. – Донецк: ИЭП НАН Украины, 1996. – 244 с.
7. Моисеев Н. Н. Элементы теории оптимальных систем. – М.: Наука, 2003. – 528 с.
8. Сявавко М. Математичне моделювання за умов невизначеності / М. Сявавко, О. Рибицька. – Львів: Українські технології, 2000. – 320 с.
9. Таха Х. Введение в исследование операций. В 2 кн. – М. – Кн. 1. – 1985. 496 с.
10. Цельмер Г. Учет риска при принятии решений. Проблемы МСНТИ. – № 3. – 1980. – С. 94-105,
11. Шарапов О. Д., Дербенцев В. Д., Семьонов Д. Є. Економічна кібернетика: Навч. посібник. – К.: КНЕУ, 2004. – 231 с.